



DEUTSCHES  
PATENTAMT

21 Aktenzeichen: P 44 22 660.8  
22 Anmeldetag: 28. 6. 94  
43 Offenlegungstag: 9. 2. 95

DE 44 22 660 A 1

30 Unionspriorität: 32 33 31

30.06.93 JP 162697/93

71 Anmelder:

Mitsubishi Kasei Corp., Tokio/Tokyo, JP

74 Vertreter:

Eitle, W., Dipl.-Ing.; Lehn, W., Dipl.-Ing.; Fücksle, K.,  
Dipl.-Ing.; Hansen, B., Dipl.-Chem. Dr.rer.nat.;  
Brauns, H., Dipl.-Chem. Dr.rer.nat.; Görg, K.,  
Dipl.-Ing.; Kohlmann, K., Dipl.-Ing.; Kolb, H.,  
Dipl.-Chem. Dr.rer.nat.; Ritter und Edler von  
Fischern, B., Dipl.-Ing.; Zangs, R., Dipl.-Ing.; Kindler,  
M., Dipl.-Chem.Univ. Dr.rer.nat., Pat.-Anwälte;  
Nette, A., Rechtsanwalt., 81925 München

72 Erfinder:

Kato, Masanori, Tsuchiura, Ibaraki, JP; Shimoyama,  
Kenji, Tsuchiura, Ibaraki, JP; Fujii, Katsushi, Ibaraki,  
JP; Noguchi, Masahiro, Tsuchiura, Ibaraki, JP

56 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit  
in Betracht zu ziehende Druckschriften:

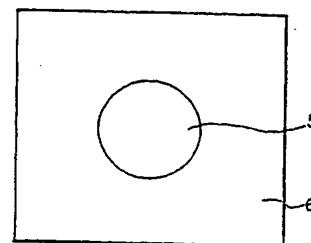
FR	23 86 907 A1
US	52 12 702
US	51 81 219
US	50 63 569
EP	05 50 963 A1
EP	05 31 542 A1

BLUM, Joseph M.;  
et.al.: Oxygen-Implanted Double- Heterojunction  
GaAs/GaAlAs Injection Lasers. In: IEEE Journal of  
Quantum Electronics, Vol. QE-11, No. 7, July 1975,  
413-418;

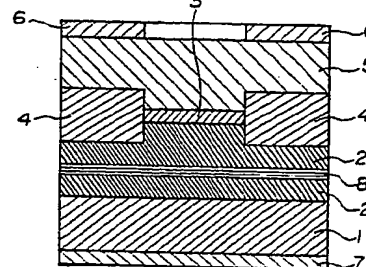
54 Lichtaussendende Vorrichtung

57 Offenbart wird eine lichtaussendende Vorrichtung, die umfaßt:  
eine erste Hüllschicht (2) und eine zweite Hüllschicht (5), die hintereinander auf einem Halbleitersubstrat (1) gebildet sind, eine aktive Schicht (3) und eine Stromsperrschicht (4), die zwischen der ersten (2) und zweiten (5) Hüllschicht angeordnet sind, wobei die Stromsperrschicht (4) parallel zur aktiven Schicht (3) an einer identischen Ebene mit jener der aktiven Schicht und an zumindest einem Teil der Peripherie der aktiven Schicht (2) zur Stromeinengung angeordnet ist, eine auf der zweiten Hüllschicht (5) gebildeten zweiten Elektrode (6), und eine auf der der ersten Hüllschicht (2) entgegengesetzten Oberfläche des Substrats (1) gebildeten ersten Elektrode (7).

(a)



(b)



DE 44 22 660 A 1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

BUNDESDRUCKEREI 12. 94 408 066/439

9/32

Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf eine lichtaussendende Vorrichtung, und insbesondere auf eine lichtaussendende Vorrichtung mit einer hohen Lichtaussendeleistung.

Da lichtaussendende Vorrichtungen sowohl weniger elektrische Leistung verbrauchen und weniger Wärme erzeugen, als auch vorteilhaft in der Miniaturisierung von Produkten sind, wurden sie in verschiedenen Anwendungsgebieten eingesetzt. So besteht ein Bedarf an Vorrichtungen kleinerer Größe und mit höherer Lichtaussendeleistung.

In Anbetracht des oben gesagten, wurden in den vergangenen Jahren verschiedene Methoden entwickelt, um die Lichtaussendeeffizienz und die Lichtaussendeleistung der lichtaussendenden Vorrichtungen zu verbessern. So wurde beispielsweise eine Methode eingeführt, bei der eine Bragg-reflektierende Schicht auf der einer aktiven Schicht entgegengesetzten Seite aufgebracht wird, oder eine Methode eingeführt zum Aufbringen einer Strom-Sperrschicht (stromunterbindenden Schicht) genau unter einer Elektrode, die dazu dient, daß das Licht, welches von einer aktiven Schicht ausgesandt wird, nicht von der Elektrode unterbrochen wird, oder eine Methode eingeführt, die Harzdichtungen anwendet, um Totalreflexionsverluste an der Oberfläche der lichtaussendenden Vorrichtung zu unterdrücken.

US-Patent Nr. 5.153.889 schlägt zum Beispiel eine Halbleiter-lichtaussendende Vorrichtung vor, bestehend aus einem Halbleitersubstrat eines ersten Leitfähigkeitstyps, einer auf der vorderen Oberfläche des Substrats gebildeten Reflexionsschicht des ersten Leitfähigkeitstyps, einer auf der Reflexionsschicht gebildeten durchsichtigen Pufferschicht des ersten Leitfähigkeitstyps, einem aus einem Material der InGaAlP-Serie gebildeten Doppel-Heterostruktur-Teil, welcher aus der durchsichtigen Pufferschicht plaziert ist, und der aus einer unteren Hüllschicht des ersten Leitfähigkeitstyps, einer zwischen den unteren und oberen Hüllschichten liegenden aktiven Schicht besteht, einer auf dem Doppel-Heterostruktur-Teil gebildeten Stromverbreiterungsschicht des zweiten Leitfähigkeitstyps, einer auf der Stromverbreiterungsschicht gebildeten ersten Elektrode, einer auf der rückseitigen Oberfläche des Substrats gebildeten zweiten Elektrode und einer stromsperrenden Schicht des ersten Leitfähigkeitstyps, die teilweise zwischen dem Doppel-Heterostruktur-Teil und der ersten Elektrode derart gebildet ist, so daß sie der ersten Elektrode gegenüberliegt und genau unter der ersten Elektrode angebracht ist.

Eine der lichtaussendenden Vorrichtungen, die im US-Patent Nr. 5.153.889 offenbart wird, hat eine Schichtstruktur, die in Fig. 2 abgebildet ist.

Die in Fig. 2 abgebildete Schichtstruktur ist ein Beispiel einer lichtaussendenden Vorrichtung, die so gemacht ist, daß eine Stromsperrschicht 4 innerhalb einer zweiten Hüllschicht 5, die auf einer aktiven Schicht 3 angeordnet ist, genau unter einer Elektrode 6 angeordnet ist, um so Licht zu vermindern, das nicht heraus kann aufgrund der Unterbrechung durch die Elektrode 6, da es genau unter der Elektrode 6 ausgesandt wird.

Es kann jedoch immer noch nicht behauptet werden, daß die Lichtaussendeleistung der dem Stand der Technik entsprechenden lichtaussendenden Vorrichtungen ausreichend wäre, und es besteht immer noch ein großer Bedarf für Verbesserungen der Lichtaussendeleistung der lichtaussendenden Vorrichtungen und daher ist eine

weitere Verbesserung erwünscht.

In Anbetracht des oben Gesagten, als Ergebnis der ernsthaften Untersuchungen des Erfinders, wurde gefunden, daß durch das Anordnen einer Stromsperrschicht an einer identischen Ebene mit jener einer aktiven Schicht und an zumindest einem Teil der Peripherie der aktiven Schicht, die Lichtaussendeleistung, z. B. die Helligkeit einer Lichtaussendevorrichtung merklich verbessert wird. Auf der Grundlage dieser Erkenntnis wurde die vorliegende Erfindung verwirklicht.

Eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist die Schaffung einer lichtaussendenden Vorrichtung, die eine hervorragende Lichtaussendeleistung hat.

Eine weitere Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist die Schaffung einer lichtaussendenden Vorrichtung mit einer erhöhten Stromdichte, einer verringerten Lichtabsorption und einer verringerten Lichtreflexion im Vergleich mit dem Stand der Technik, und einer merklich verbesserten Helligkeit im Vergleich mit den Vorrichtungen aus dem Stand der Technik.

Um diese Aufgaben zu erfüllen, wird in einem Aspekt der vorliegenden Erfindung eine lichtaussendende Vorrichtung geschaffen, die umfaßt:

eine hintereinander auf einem Halbleitersubstrat gebildeten ersten Hüllschicht und zweiten Hüllschicht, eine aktive Schicht und eine Stromsperrschicht, welche zwischen der ersten und zweiten Hüllschicht liegen, wobei die Stromsperrschicht parallel zur aktiven Schicht an einer identischen Ebene mit jener der aktiven Schicht und an zumindest einem Teil der Peripherie der aktiven Schicht angeordnet ist, um den Strom einzuzugen, eine auf der zweiten Hüllschicht gebildeten zweiten Elektrode, und eine auf der der ersten Hüllschicht gegenüberliegenden Oberfläche des Substrats gebildeten ersten Elektrode.

Im folgenden wird die Erfindung anhand von Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 eine Ansicht, die die Struktur einer lichtaussendenden Vorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung erklärt, d. h. (a) ist eine Ansicht von oben der Erfindung, und (b) ist eine Schnittansicht davon;

Fig. 2 eine Ansicht, die die Struktur einer lichtaussendenden Vorrichtung aus dem Stand der Technik erklärt;

Fig. 3 eine Ansicht, die die Struktur einer lichtaussendenden Vorrichtung des vergleichenden Beispiels 1 erklärt, d. h. (a) ist ein Blick von oben und (b) ist eine Schnittansicht davon; und

Fig. 4 eine Ansicht, die das Verhältnis der Lichtaussendeleistung und des Leitungsstroms einer lichtaussendenden Vorrichtung zwischen Beispiel 1 und vergleichendem Beispiel 1 erklärt.

Eine lichtaussendende Vorrichtung (im weiteren als "LED" bezeichnet) gemäß der vorliegenden Erfindung umfaßt eine erste Hüllschicht 2 auf einem Halbleitersubstrat 1, eine aktive Schicht 3, eine Stromsperrschicht 4, die parallel (Seite an Seite) mit der aktiven Schicht 3 an einer identischen Ebene mit jener der aktiven Schicht 3 und an zumindest einem Teil der Peripherie der aktiven Schicht 3 angeordnet ist, einer zweiten Hüllschicht 5 und einer darauf folgend gebildeten zweiten Elektrode 6. Eine erste Elektrode 7 ist auf der der ersten Hüllschicht entgegengesetzten Oberfläche des Substrats 1 angeordnet.

Bezüglich des Materials der LED gemäß der vorliegenden Erfindung gibt es keine besonderen Einschränkungen, aber gewöhnlich wird ein Material bestehend aus einer Gruppe III-V-Verbindung oder einer Gruppe II-VI-Verbindung verwendet. Als Verbindung der III-

V-Gruppe kann eine auf GaAs-basierende Verbindung oder auf GaP-basierende Verbindung verwendet werden, und eine auf ZnSe-basierende Verbindung kann als Gruppe II-VI-Verbindung verwendet werden.

Im folgenden wird der Einfachheit halber der Fall beschrieben, wo eine LED geschaffen wird mit einer Struktur gemäß der vorliegenden Erfindung mit einer Gruppe III-V-Verbindung, aber es versteht sich, daß die LED auch aus anderen Verbindungen geschaffen werden kann, z. B. einer Gruppe II-VI-Verbindung.

Als Substrat 1 wird allgemein ein GaAs- oder GaP-Substrat verwendet, welches gewöhnlich eine n-Typ-Leitfähigkeit hat. Die Dicke des Substrats liegt gewöhnlich zwischen 50 und 500  $\mu\text{m}$ , vorzugsweise zwischen 250 und 380  $\mu\text{m}$ .

Die erste Hüllschicht 2 wird auf dem Substrat 1 gebildet. Die erste Hüllschicht 2 besteht im allgemeinen aus AlGaAs und die Leitfähigkeit der ersten Hüllschicht kann gleich der des Substrats 1 sein. Das Zusammensetzungsverhältnis von Aluminium und Gallium in der ersten Hüllschicht 2 schwankt in Abhängigkeit von der Zusammensetzung der aktiven Schicht 3 und die Menge von Aluminium in der ersten Hüllschicht 2 wächst wenn die Menge an Aluminium in der aktiven Schicht 3 größer wird. Eine konkrete Zusammensetzung kann unter Berücksichtigung der Bandlücke bestimmt werden. Die Dicke der ersten Hüllschicht 2 ist gewöhnlich zwischen 0,1 und 50  $\mu\text{m}$ , vorzugsweise zwischen 0,1 und 10  $\mu\text{m}$ . Es gibt besondere Einschränkungen im Hinblick auf einen Dotierstoff, und Selen, Silizium oder etwas Vergleichbares wird als Dotierstoff verwendet. Silizium mit seiner guten Wachstumssteuerbarkeit wird bevorzugt.

In einer bevorzugten Ausführung der vorliegenden Erfindung kann eine Bragg-reflektierende Schicht 8 innerhalb der ersten Hüllschicht 2 oder zwischen dem Substrat 1 und der Hüllschicht 2 angeordnet werden. Die Bragg-reflektierende Schicht 8 besteht aus einer Schichtenfolge von Materialien mit unterschiedlichen Brechungsindizes, welche abwechselnd geschichtet werden mit einer jeweiligen Dicke, die vom Brechungsindex und einer zu reflektierenden Lichtwellenlänge abhängt. Die Schichtenfolge hat die Eigenschaft Licht zu reflektieren. Da diese Schichtenfolge Licht zur Lichtentnahmeseite reflektiert, kann die Leuchteffizienz (Lichtausstrahl-Effizienz) verbessert werden.

Die Dicke der Bragg-reflektierenden Schicht 8 beträgt weniger als 50  $\mu\text{m}$ , vorzugsweise zwischen 1 und 20  $\mu\text{m}$ .

Dann wird auf der ersten Hüllschicht 2 die aktive Schicht 3 gebildet. Die Leitfähigkeit der aktiven Schicht 3 ist gewöhnlich vom p-Typ und im allgemeinen wird ein Material verwendet, welches eine kleinere Bandlücke als jene der ersten Hüllschicht 2 hat. Zum Beispiel, im Fall wo die erste Hüllschicht 2 aus  $\text{Al}_{0,5}\text{Ga}_{0,5}\text{As}$  besteht, kann Zn-dotiertes GaAs mit einer Ladungsträgerdichte von ungefähr  $2 \times 10^{17}$  bis  $8 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$  und einer Dicke von ungefähr 0,3 bis 2  $\mu\text{m}$  als aktive Schicht auf der ersten Hüllschicht 2 gebildet werden.

Eine Schicht mit einer niedrigen Ladungsträgerdichte und einem hohen Widerstand wird als Stromsperrschicht 4 parallel (Seite an Seite) mit der aktiven Schicht an einer identischen Ebene mit jener der aktiven Schicht 3 und an zumindest einem Teil der Peripherie der aktiven Schicht 3 angeordnet, vorzugsweise an einer identischen Ebene mit jener der aktiven Schicht 3 und an der ganzen Peripherie der aktiven Schicht 3. Im Fall, daß eine auf GaAs-basierende Verbindung verwendet wird, wird vorzugsweise eine i-Typ AlGaAs-Schicht mit ei-

nem indirekten Übergang bei hoher Al-Konzentration angeordnet. Die Al-Ga-Zusammensetzung kann die gleiche sein, wie in der ersten Hüllschicht 2 oder der zweiten Hüllschicht 5. In diesem Fall ist es vorzugsweise ein Material vom i-Typ ohne absichtliche Dotierung. Die Dicke der Stromsperrschicht 4 kann gleich der der aktiven Schicht 3 sein, ist aber vorzugsweise größer als die der aktiven Schicht 3. Im konkreten Fall ist die Dicke der Stromsperrschicht 4 ungefähr zwischen 1 und 8  $\mu\text{m}$ . In diesem Fall, wenn eine AlGaAs-Schicht gebildet ist, kann ein lichteinschließender Effekt erzielt werden, in Anbetracht des Verhältnisses mit einem Brechungsindex.

Dann wird die zweite Hüllschicht 5 auf der aktiven Schicht 3 und der Stromsperrschicht 4 gebildet. Die zweite Hüllschicht 5 hat eine der ersten Hüllschicht 2 entgegengesetzte Leitfähigkeit und hat gewöhnlich eine p-Typ Leitfähigkeit. Die Zusammensetzung der zweiten Hüllschicht 5 kann bis auf den Dotierstoff identisch mit jener der ersten Hüllschicht 2 sein, solange die Schicht eine Bandlücke hat, die größer ist als jene der aktiven Schicht 3. In dieser Ausführung ist die Zusammensetzung der zweiten Hüllschicht 5  $\text{Al}_{0,5}\text{Ga}_{0,5}\text{As}$ , der Dotierstoff ist Zn und die Konzentration an Zn ist ungefähr zwischen  $5 \times 10^{18}$  bis  $3 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ . Die Dicke der zweiten Hüllschicht 5 kann wahlweise innerhalb einer Spanne gewählt werden, in der die Lichtentnahme nicht behindert wird und ist vorzugsweise zwischen 0,5 und 50  $\mu\text{m}$ .

Die zweite Elektrode 6 wird auf der zweiten Hüllschicht 5 angeordnet. In diesem Fall ist die zweite Elektrode 6 vorzugsweise nur über der Sperrschicht 4 vorhanden, um so nicht das von der aktiven Schicht 3 ausgesandte Licht zu unterbrechen. Die erste Elektrode 7 ist auf der der ersten Hüllschicht 2 entgegengesetzten Oberfläche des Substrats 1 angeordnet. Die erste Elektrode 7 auf der Seite, auf der kein Licht herausgenommen wird, unterliegt keiner solchen Beschränkung, wie die zweite Elektrode 6. Die jeweiligen Dicken der ersten und der zweiten Elektrode liegen vorzugsweise zwischen 0,3 und 2  $\mu\text{m}$ .

Ferner kann eine Lichtentnahmeschicht zwischen der zweiten Hüllschicht 5 und der ersten Elektrode 6 angeordnet werden.

Zur Herstellung der LED gemäß der vorliegenden Erfindung können verschiedene Methoden angewandt werden, wie ein LPE-Prozeß, ein MOCVD-Prozeß, ein VPE-Prozeß, ein MOVPE-Prozeß oder MBE-Prozeß, und der MBE-Prozeß oder MOCVD-Prozeß werden bevorzugt im Fall, daß eine Bragg-reflektierende Schicht eingesetzt wird.

Es gibt keine bestimmte Einschränkung für die Reihenfolge der Bildung der Schichten solange die Struktur gemäß der vorliegenden Erfindung hergestellt werden kann. Um ein Beispiel zu geben, die erste Hüllschicht 2 und die aktive Schicht 3 werden hintereinander auf ein Substrat gewachsen, und darüber wird mit geeigneten Mitteln  $\text{SiN}_x$  gewachsen. Dann wird mit Hilfe von Photolithographie oder dergleichen nur ein Teil der die aktive Schicht freiläßt maskiert, und das nicht maskierte  $\text{SiN}_x$  wird geätzt. Ferner wird solange geätzt, bis ein Teil der ersten Hüllschicht 2 eliminiert ist.

Darauf folgend wird die Stromsperrschicht 4 gewachsen. In diesem Fall, wenn die Stromsperrschicht 4 aus einer Verbindung besteht, die reich an Aluminium oder Zink ist und dazu neigt, eine Bildung von Polykristallen auf der Maske zu verursachen, wird eine Zufuhr eines Halid-Gases oder dergleichen gleichzeitig mit dem Ma-

terialgas für das Wachstum bevorzugt, da dadurch das Auftreten von Polykristallen verhindert wird. Nach Abschluß des Wachstums der Stromsperrschicht 4 wird die Maske entfernt und die zweite Hüllschicht 5 wird darauf gewachsen bis zu einer gewünschten Dicke, wodurch die Struktur gemäß der vorliegenden Erfindung geschaffen wird.

Die LED gemäß der vorliegenden Erfindung hat eine bessere Lichtaussendeleistung als jene im Stand der Technik.

Da die LED gemäß der vorliegenden Erfindung eine höhere Stromdichte in der aktiven Schicht und eine verminderte Lichtabsorption und Lichtreflexion im Vergleich mit LEDs des vergleichenden Beispiels hat, wird die Lichtausgangsleistung, z. B. die Helligkeit, um mindestens 50% verbessert gegenüber jenen im Stand der Technik.

Eine Beschreibung der vorliegenden Erfindung wird nun anhand von Beispielen durchgeführt, aber die vorliegende Erfindung beschränkt sich nicht auf die Beispiele.

#### Beispiel 1

Auf einem n-Typ GaAs-Substrat wurde als erste Hüllschicht mit 10 µm Dicke n-Typ Silizium dotiertes  $\text{Al}_{0,5}\text{Ga}_{0,5}\text{As}$  (Ladungsträgerdichte:  $5 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ ) gewachsen. Im Verlauf des Wachstums wurden  $\text{Al}_{0,1}\text{Ga}_{0,9}\text{As}$  und AlAs in 10 Paaren als Bragg-reflektierende Schicht geschichtet. Dann wurde als aktive Schicht mit 1 µm Dicke auf der ersten Hüllschicht p-Typ Zn dotiertes GaAs (Ladungsträgerdichte:  $5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ ) gewachsen. Danach wurde eine 100 µm durchmessende Fläche mit  $\text{SiN}_x$  maskiert und als ein Teil, der als aktive Schicht benutzt wurde, geätzt durch Photolithographie. Dann wurde undotiertes  $\text{Al}_{0,5}\text{Ga}_{0,5}\text{As}$  mit 5 µm Dicke als Stromsperrschicht gewachsen und danach als p-Typ zweite Hüllschicht auf der aktiven Schicht p-Typ  $\text{Al}_{0,5}\text{Ga}_{0,5}\text{As}$  (Ladungsträgerdichte:  $3 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ ) mit 20 µm Dicke gewachsen. Dann wurde ein flaches Muster der Elektrode so angeordnet, daß die Elektrode nur die Bereiche über der Stromsperrschicht abdeckt. Fig. 4 zeigt eine Beziehung zwischen dem Leistungsstrom und der Lichtausstoßcharakteristik der LED.

#### Vergleichendes Beispiel 2

Es wurde auch eine LED hergestellt, mit der gleichen Struktur wie jener im Beispiel 1, nur daß keine Stromsperrschicht angeordnet wurde. Dies ist die gleiche Struktur, wie sie in Fig. 3 dargestellt wird. Fig. 4 zeigt eine Beziehung zwischen dem zugeführten Strom und der Lichtabgabecharakteristik dieser LED.

Wie aus diesen Ergebnissen hervorgeht, konnte der Lichtabgabe um einen Faktor von ungefähr 1,5 erhöht werden.

#### Patentansprüche

1. Eine lichtaussendende Vorrichtung, umfassend: eine erste Hüllschicht (2) und eine zweite Hüllschicht (5), nacheinander gebildet auf einem Halbleitersubstrat (1), eine aktive Schicht (3) und eine Stromsperrschicht (4) zwischen den ersten (2) und zweiten Hüllschichten (5) liegend, wobei die Stromsperrschicht (4) parallel zur aktiven Schicht (3) an einer identischen

Ebene mit jener der aktiven Schicht und an zumindest einem Teil der Peripherie der aktiven Schicht (3) zur Stromeinengung angeordnet ist, eine auf der zweiten Hüllschicht (5) gebildeten zweiten Elektrode (6), und eine auf der der ersten Hüllschicht (2) entgegengesetzten Oberfläche des Substrats (1) gebildeten ersten Elektrode (7).

2. Eine lichtaussendende Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Dicke der Stromsperrschicht (4) größer ist als die Dicke der aktiven Schicht (3).

3. Eine lichtaussendende Vorrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Dicke der Stromsperrschicht (4) zwischen 1 und 8 µm liegt und die Dicke der aktiven Schicht (3) zwischen 0,3 und 2 µm liegt.

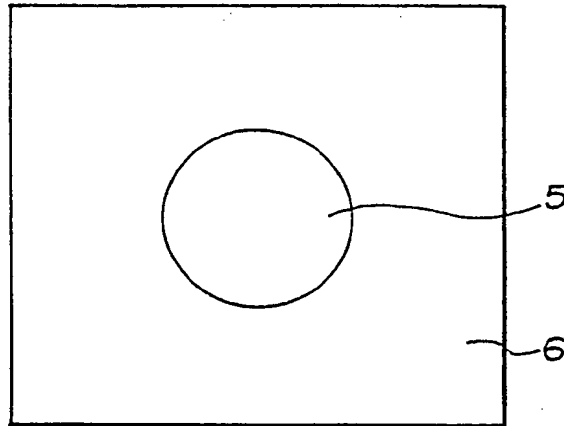
4. Eine lichtaussendende Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die zweite Elektrode (6) in einem der Stromsperrschicht (4) identischen Muster gebildet wird.

5. Eine lichtaussendende Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß eine Bragg-reflektierende Schicht (8) innerhalb der ersten Hüllschicht (2) angeordnet ist.

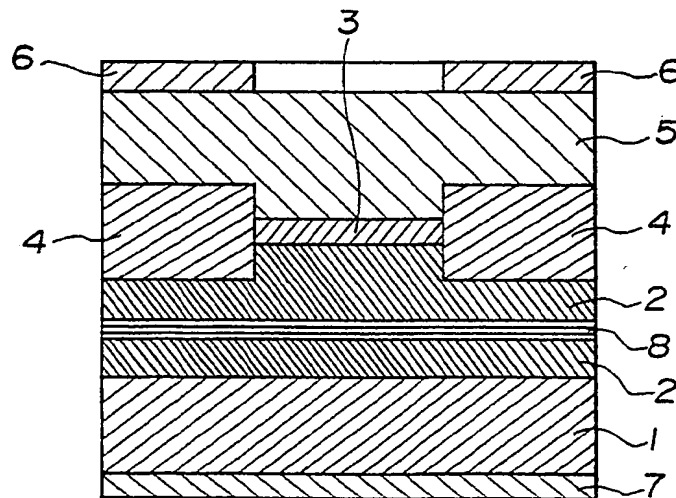
Hierzu 4 Seite(n) Zeichnungen

**FIG.1**

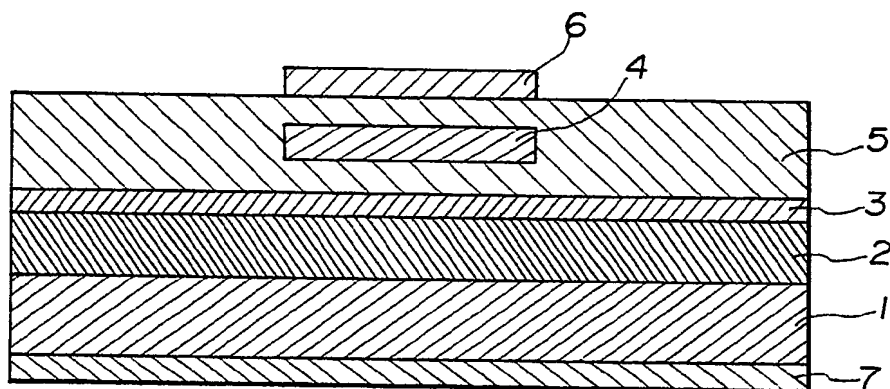
**(a)**



**(b)**

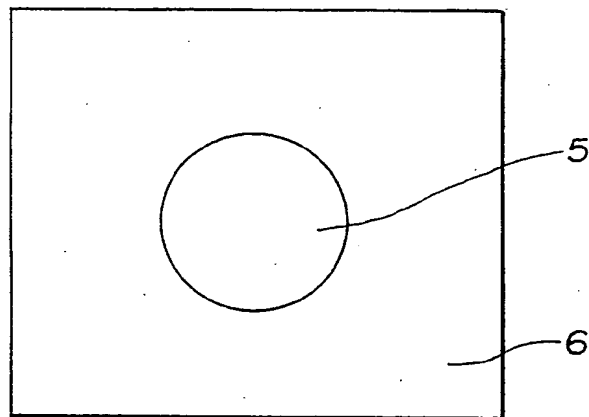


**FIG.2**



**FIG.3**

**(a)**



**(b)**

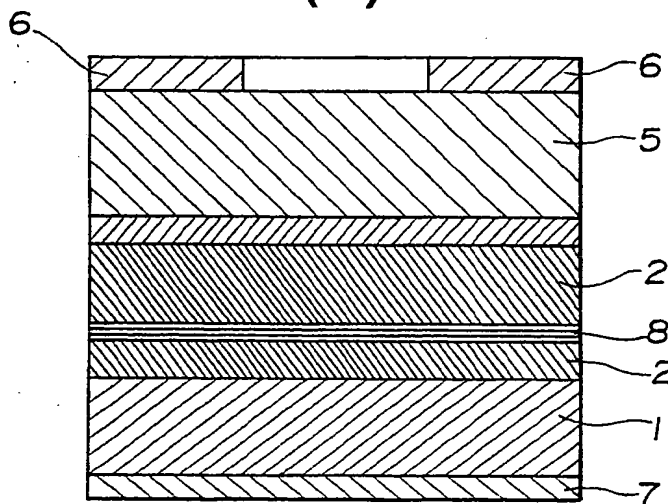


FIG.4

